



**RED NACIONAL DE METROLOGÍA
UNIDAD DE COORDINACIÓN Y SUPERVISIÓN
LABORATORIO CUSTODIO DE PATRONES
NACIONALES
MAGNITUD PRESIÓN
INFORME “A”**

ENSAYO DE APTITUD NACIONAL

P1-22

**CALIBRACIÓN DE MANÓMETRO DIGITAL DE PRESIÓN
PRESIÓN RELATIVA POSITIVA**

Rango de medición: 0 MPa a 70 MPa

Medio de transmisión Hidráulico

abril 2022 - noviembre 2022

ENSAYO DE APTITUD – PRESION

Marcial Espinoza. Angel Flores
Laboratorio Custodio de Patrones Nacionales (LCPN-PRESION), Chile.
Empresa Nacional de Aeronáutica - ENAER, Av. José Miguel Carrera n°11087.
Teléfonos 56 (2) 2383 1966, 56 (2) 2383 1850,
e-mails marcial.espinoza@enaer.cl angel.flores@enaer.cl

Resumen: El Laboratorio Custodio de Patrones Nacionales- Presión ENAER y el área de metrología del Instituto Nacional de Normalización INN Perteneciente a La Red Nacional de Metrología realiza el **Ensayo** de Aptitud 2022. Para ello se ha elegido un instrumento cuyo rango permite ser calibrado por la mayoría de los Laboratorios acreditados por el INN en la magnitud Presión, además de otros laboratorios de calibración no-acreditados. Las características del instrumento a utilizar fueron acordadas en taller de cierre del ensayo P-21, mientras que la comparación se llevó a cabo desde abril de 2022 a octubre 2022. En este ensayo de aptitud se utilizó como patrón de comparación un manómetro digital, el alcance de medición es de 70 MPa, clase de exactitud del $\pm 0,05$ % del alcance de medición y una resolución de 0,001 MPa. El instrumento fue facilitado por el LCPN-Presión ENAER Chile, la actividad se realizó dentro del marco de cooperación con el INN en el marco de la Red de Metrología de Chile.

INTRODUCCION

La cadena de trazabilidad de las mediciones de la industria debe realizarse con niveles adecuados de incertidumbre de acuerdo a las necesidades propias de cada país. La participación en las comparaciones entre los laboratorios de Metrología permite asegurar el grado de equivalencia de las mediciones entre los laboratorios acreditados por la RNM con una diseminación correcta de las mediciones. Por lo anterior se puede decir que la solidez y la confianza en las mediciones, tanto en el ámbito Nacional como en el Internacional, se fortalece con las comparaciones entre laboratorios.

Los resultados que aquí se presentan corresponden a Ensayo de Aptitud 2022 íntegramente realizada entre los laboratorios de presión nacionales y el LCPN-Presión de ENAER designado oficialmente laboratorio custodio del patrón nacional de Chile. La participación en esta comparación de los Laboratorios del país permite conocer la compatibilidad de las mediciones y la competencia del personal acreditado en los laboratorios integrantes de la Red de Metrología, supervisada por el INN.

OBJETIVO

Realizar una comparación en el ámbito metrológico de la magnitud de presión entre los laboratorios de calibración de Chile, con el fin de estimar los niveles de concordancia para la magnitud presión entre los laboratorios participantes, incluyendo desviación e incertidumbre asociada.

Complementariamente, se buscó unificar los métodos de calibración en los laboratorios al utilizar la misma guía de referencia, DKD-R6-1 y conocer la capacidad de medición de presión que se tiene en el país empleando como referente para la magnitud el LCPN-P de ENAER como Laboratorio Nacional designado por el Estado de Chile.

DATOS GENERALES

Patrón de comparación

Como patrón Viajero de comparación se utilizó un manómetro digital de presión relativa positiva rango de 0 MPa a 70 MPa (presión Hidráulica).

El instrumento patrón viajero fue facilitado por LCPN-P de ENAER.

Tipo de Instrumento :	Test Gauge Digital
Modelo:	DPG-4000-10K
No. de serie:	2083033
Alcance de Medición:	0 MPa a 70 MPa.
Unidad de medición:	MPa.
Resolución:	0,001 MPa
Clase de exactitud:	±0,05 % (del alcance total)
Medio de transmisión	Aceite
Fabricante:	OMEGA

Tabla 1. Patrón Viajero de comparación.

Las características del estándar Primario utilizado del LCPN- P para calibrar el patrón viajero en este ensayo de aptitud EA P1-22 se presentan en la tabla 2.

LCPN-P Empresa Nacional Aeronáutica de Chile.						
Nombre	Tipo	Marca	Área efectiva Pistón-cilindro J-336 (m ²)	Gravedad local ms ⁻²	Alcance de medición	Incertidumbre relativa (lectura), k=2
Estándar Primario	Balanza de Peso Muerto	RUSKA	9,83218 x 10 ⁻⁶	9,794 247	100 MPa	1 x 10 ⁻¹³ * P _e ² + 2 x 10 ⁻⁵ x P _e + 0,00046

Tabla 2.- Patrón Nacional utilizado para calibrar el patrón viajero

Laboratorios participantes y programa de comparación EA P1-22 (70 MPa)

Al ensayo de aptitud EA P1-22 año 2022 lograron incorporarse 15 laboratorios participantes y 12 laboratorios presentaron resultados en la magnitud Presión.

LD-P Calibración Inicial		25-04-2022	29-04-2022
1	USACH -CIDE	16-05-2022	19-05-2022
2	INDUTECNICA CHACON	19-05-2022	24-05-2022
3	DTS	24-05-2022	27-05-2022
4	Servincal	27-05-2022	01-06-2022
5	SMI	01-06-2022	06-06-2022
LD-P Calibración Intermedia		06-06-2022	13-06-2022
6	Lab Metrología ENAER	13-06-2022	16-06-2022
7	VETO	16-06-2022	21-06-2022
8	CALMANREP SpA.	21-06-2022	24-06-2022
9	CRYOLAB	24-06-2022	30-06-2022
10	IDIC	30-06-2022	04-07-2022
LD-P Calibración Intermedia		04-07-2022	15-07-2022
11	Asmar Valparaíso	18-07-2022	22-07-2022
12	ASMAR Talcahuano	25-07-2022	29-07-2022
13	LEM - Antofagasta	01-08-2022	05-08-2022
LD-P Calibración Intermedia		05-08-2022	16-08-2022
14	VIGNOLA	16-08-2022	19-08-2022
15	CESMEC	19-08-2022	24-08-2022
LD-P Calibración final		05-10-2022	07-10-2022

De acuerdo a la cantidad de participantes del EA P1-22 el Laboratorio Piloto (ENAER) y el INN establecen la documentación base y actividades a realizar.

- a) Preparación: El Laboratorio Piloto (ENAER) realizó las mediciones iniciales. Con lo cual estableció los lineamientos generales de la comparación, calibrando el Patrón Viajero en tres oportunidades.
- b) Los 15 laboratorios participantes del ensayo de aptitud P1-22 realizaron las mediciones correspondientes de acuerdo a las fechas programadas.
- c) El instrumento viajero fue calibrado por el piloto en 5 oportunidades y en fechas distintas de acuerdo a la programación descrita.
- d) El Laboratorio Piloto (ENAER) realizó las mediciones finales de acuerdo a la programación descrita. Con lo cual se completó el ciclo de mediciones realizadas por el Piloto.
- e) El INN recopila los resultados de los laboratorios participantes asignándole un código a cada uno de ellos y los hace llegar al piloto en octubre 2022.
- f) El 17 de noviembre de 2022 el LCPN-P de ENAER emite un informe final "A" que contiene el análisis y conclusiones de la comparación con los resultados obtenidos por los laboratorios participantes, se hace llegar éste informe al INN quién lo distribuye a cada participante.

RESULTADOS

Comportamiento del patrón de comparación

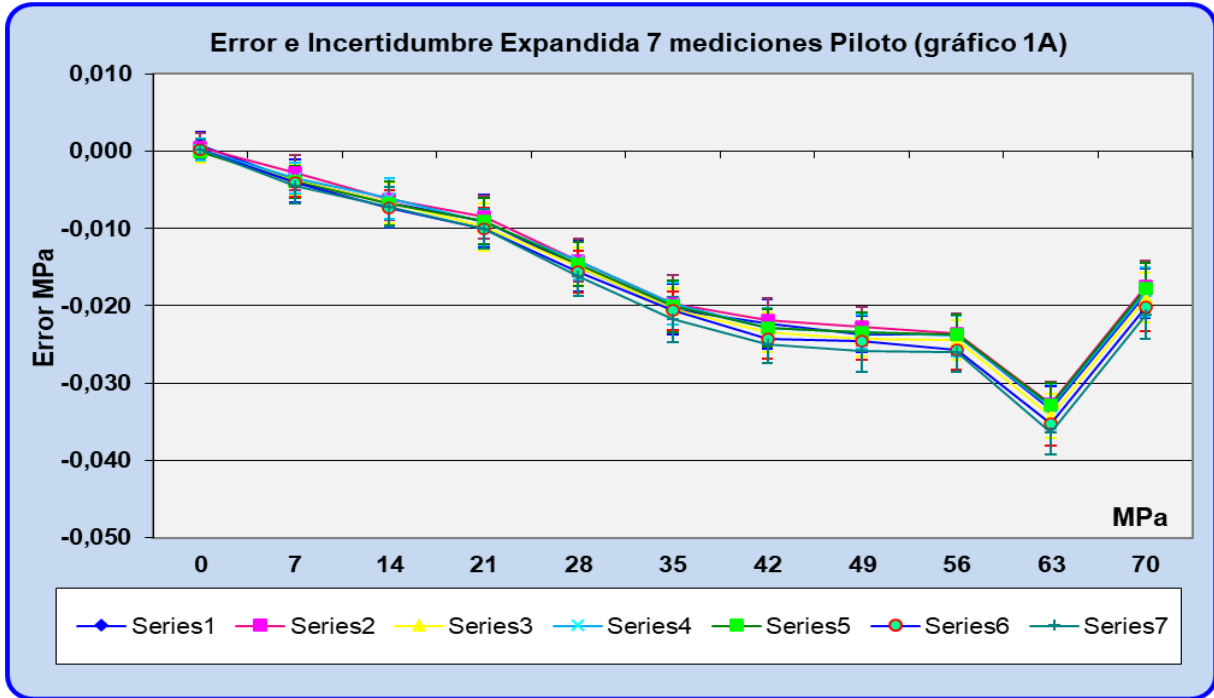


Gráfico 1A.Piloto: Error e incertidumbre 7 mediciones Laboratorio LCPN-P.

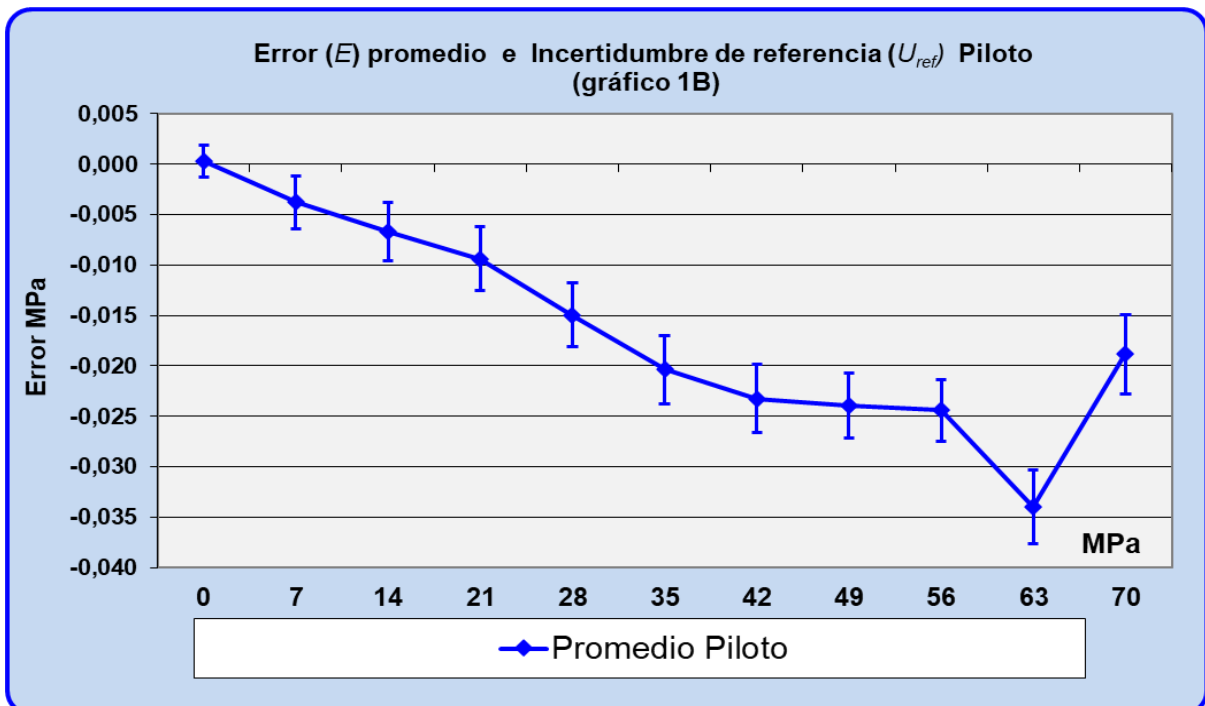


Gráfico 1B.Piloto: Error promedio e incertidumbre 7 mediciones Laboratorio LCPN-P.

Deriva del patrón viajero: El laboratorio designado de la magnitud Presión (ENAER) realizó un estudio de la deriva del patrón viajero calibrado en 7 oportunidades en 5 fechas distintas.

Las calibraciones realizadas durante el periodo de la comparación muestran una buena estabilidad del instrumento a corto plazo. Las calibraciones mencionadas se realizaron en diferentes fechas y a partir de ellas se observó que, hasta los 63 MPa, el error de medición y la presión aplicada se relacionan linealmente, con pendiente negativa. Este comportamiento fue consistente en las 7 mediciones realizadas.

La incertidumbre por deriva se calculó de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$u_{\text{deriva}} = \frac{d}{\sqrt{3}}$$

Donde:

$d =$ Diferencia entre dos calibraciones sucesivas

Para el caso específico de este ensayo de aptitud, la deriva total del equipo se calculó en base a la diferencia máxima en cada punto entre las 15 mediciones (calibraciones realizadas por el piloto), obteniendo una deriva máxima de **0,00098 MPa**, lo que representa un **0,0014 %** respecto de la escala total del instrumento. Esta cifra es **36 veces menor** que la exactitud declarada para el instrumento.

Este estudio demuestra la confiabilidad y estabilidad del instrumento utilizado como patrón viajero para los efectos y fines de esta comparación.

Datos de las mediciones de los participantes EA P1-22 70 MPa

En la Tabla 3 se presentan los datos de la comparación para los valores del error promedio E , y en la tabla 4 se encuentran las incertidumbres de medición asociada para los diferentes puntos de presión nominal encontrados por los laboratorios participantes.

Los valores que en el resto de este documento se usan para representar los resultados obtenidos por LCPN-P (Piloto), para el error y la incertidumbre combinada, son el máximo de las lecturas realizadas en diferentes fechas de toma de lectura en el laboratorio de LCPN-P.

$$E_{ENAER} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad U_{ENAER} = \max(U_i: U_n)$$

Para el cálculo de la incertidumbre de referencia U_{ref} para el ensayo de aptitud se agregó una componente de incertidumbre de tipo B debido a la posibilidad de deriva del patrón, según la ecuación.

$$U_{ref} = 2 \times \sqrt{\left(\frac{U}{k}\right)^2 + \left(\frac{d}{\sqrt{3}}\right)^2}$$

Desempeño de los participantes, cuyo patrón utilizado puede ser:

- **Balanza de Peso Muerto (B P M)**
- **Manómetro patrón digital (Test G)**
- **Transductor o sensor de presión con indicador digital (TX)**

Error promedio de cada participante													
Presión	Error % FS	Error	P1-22-102	P1-22-103	P1-22-104	P1-22-105	P1-22-106	P1-22-107	P1-22-108	P1-22-110	P1-22-111	P1-22-112	P1-22-116
MPa	LCPN	LCPN											
0	0,000%	0,000	0,000	-0,001	0,001	0,001	-0,001	0,000	0,000	0,003	0,001	0,001	0,000
7	-0,005%	-0,004	-0,004	-0,008	-0,004	-0,004	-0,004	-0,004	-0,006	-0,005	-0,003	-0,003	-0,003
14	-0,010%	-0,007	-0,008	-0,010	-0,007	-0,007	-0,007	-0,008	-0,013	-0,007	-0,008	-0,006	-0,006
21	-0,013%	-0,009	-0,010	-0,013	-0,010	-0,009	-0,009	-0,009	-0,011	-0,011	-0,010	-0,008	-0,009
28	-0,021%	-0,015	-0,015	-0,019	-0,015	-0,015	-0,015	-0,016	-0,020	-0,014	-0,015	-0,014	-0,015
35	-0,029%	-0,020	-0,020	-0,023	-0,021	-0,021	-0,019	-0,022	-0,025	-0,019	-0,021	-0,019	-0,018
42	-0,033%	-0,023	-0,024	-0,026	-0,024	-0,025	-0,023	-0,025	-0,028	-0,023	-0,023	-0,021	-0,020
49	-0,034%	-0,024	-0,024	-0,027	-0,025	-0,026	-0,023	-0,026	-0,029	-0,020	-0,024	-0,022	-0,019
56	-0,035%	-0,024	-0,023	-0,026	-0,025	-0,026	-0,021	-0,026	-0,027	-0,018	-0,023	-0,022	-0,018
63	-0,049%	-0,034	-0,033	-0,038	-0,036	-0,037	-0,031	-0,036	-0,039	-0,027	-0,031	-0,032	-0,026
70	-0,027%	-0,019	-0,018	-0,024	-0,022	-0,022	-0,017	-0,021	-0,025	-0,012	-0,017	-0,021	-0,009

Tabla 3. Error promedio, E, obtenido en cada punto.

U total de cada Laboratorio Participante													
Presión	U % FS	U Referencia	P1-22-102	P1-22-103	P1-22-104	P1-22-105	P1-22-106	P1-22-107	P1-22-108	P1-22-110	P1-22-111	P1-22-112	P1-22-116
MPa	LCPN	LCPN											
0	0,002%	0,0016	0,0014	0,0026	0,0012	0,0019	0,0049	0,0009	0,0032	0,0203	0,0033	0,0014	0,0117
7	0,004%	0,0026	0,0014	0,0029	0,0019	0,0023	0,0050	0,0018	0,0037	0,0203	0,0037	0,0017	0,0117
14	0,004%	0,0029	0,0014	0,0032	0,0024	0,0030	0,0050	0,0028	0,0037	0,0203	0,0033	0,0022	0,0132
21	0,004%	0,0031	0,0016	0,0037	0,0026	0,0037	0,0049	0,0032	0,0035	0,0203	0,0042	0,0018	0,0117
28	0,005%	0,0032	0,0017	0,0041	0,0028	0,0041	0,0049	0,0030	0,0034	0,0203	0,0047	0,0024	0,0117
35	0,005%	0,0034	0,0020	0,0030	0,0031	0,0044	0,0049	0,0036	0,0046	0,0204	0,0045	0,0035	0,0118
42	0,005%	0,0034	0,0023	0,0034	0,0033	0,0052	0,0050	0,0037	0,0033	0,0203	0,0050	0,0032	0,0117
49	0,005%	0,0032	0,0026	0,0035	0,0038	0,0052	0,0049	0,0036	0,0033	0,0203	0,0050	0,0039	0,0116
56	0,004%	0,0031	0,0029	0,0039	0,0043	0,0057	0,0049	0,0039	0,0043	0,0207	0,0054	0,0052	0,0117
63	0,005%	0,0037	0,0033	0,0038	0,0048	0,0061	0,0049	0,0042	0,0040	0,0205	0,0062	0,0051	0,0117
70	0,006%	0,0039	0,0039	0,0040	0,0053	0,0065	0,0049	0,0046	0,0032	0,0203	0,0067	0,0067	0,0116

Tabla 4. Incertidumbre promedio U, obtenida en cada punto.
Se destaca en color naranja participante Utotal sobrevalorada.

U Res-ensayo Laboratorios Participantes												
Presión	u res	P1-22-102	P1-22-103	P1-22-104	P1-22-105	P1-22-106	P1-22-107	P1-22-108	P1-22-110	P1-22-111	P1-22-112	P1-22-116
MPa	LCPN											
0	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04
7	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04
14	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04
21	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04
28	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04
35	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04
42	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04
49	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04
56	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04
63	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04
70	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04

Tabla 5. Incertidumbre por resolución del equipo en ensayo.

U_{Histéresis} Laboratorios Participantes													
Presión	% FS	<i>u_{histéresis}</i>	P1-22-	P1-22-	P1-22-	P1-22-	P1-22-	P1-22-	P1-22-	P1-22-	P1-22-	P1-22-	P1-22-
MPa	LCPN	LCPN	102	103	104	105	106	107	108	110	111	112	116
0	0,0002%	0,00015	0,00030	0,00029	0,00029	0,00058	0,00043	0,00000	0,00000	0,00003	0,00101	0,00029	0,00029
7	0,0014%	0,00095	0,00027	0,00043	0,00072	0,00087	0,00014	0,00072	0,00043	0,00009	0,00115	0,00058	0,00087
14	0,0016%	0,00115	0,00008	0,00029	0,00101	0,00115	0,00014	0,00130	0,00029	0,00038	0,00087	0,00072	0,00217
21	0,0018%	0,00126	0,00014	0,00072	0,00101	0,00144	0,00029	0,00144	0,00072	0,00035	0,00144	0,00043	0,00058
28	0,0018%	0,00124	0,00005	0,00043	0,00101	0,00144	0,00029	0,00130	0,00058	0,00029	0,00159	0,00058	0,00072
35	0,0019%	0,00130	0,00007	0,00029	0,00115	0,00130	0,00029	0,00144	0,00115	0,00072	0,00115	0,00101	0,00087
42	0,0015%	0,00103	0,00020	0,00087	0,00101	0,00159	0,00043	0,00144	0,00029	0,00052	0,00130	0,00072	0,00058
49	0,0013%	0,00093	0,00022	0,00014	0,00101	0,00115	0,00029	0,00115	0,00014	0,00019	0,00087	0,00043	0,00058
56	0,0012%	0,00085	0,00024	0,00043	0,00058	0,00101	0,00029	0,00101	0,00087	0,00126	0,00058	0,00058	0,00058
63	0,0009%	0,00063	0,00045	0,00029	0,00058	0,00072	0,00029	0,00043	0,00043	0,00039	0,00115	0,00029	0,00058
70	0,0004%	0,00026	0,00099	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00000	0,00000	0,00051	0,00115	0,00029	0,00014

Tabla 6. Incertidumbre por histéresis del equipo en ensayo.

U_{Repetibilidad} Laboratorios Participantes													
Presión	% FS	<i>u_{repetibilidad}</i>	P1-22-	P1-22-	P1-22-	P1-22-	P1-22-	P1-22-	P1-22-	P1-22-	P1-22-	P1-22-	P1-22-
MPa	LCPN	LCPN	102	103	104	105	106	107	108	110	111	112	116
0	0,0004%	0,00029	0,00003	0,00058	0,00000	0,00000	0,00029	0,00000	0,00000	0,00006	0,00029	0,00000	0,00058
7	0,0007%	0,00052	0,00015	0,00029	0,00029	0,00000	0,00058	0,00029	0,00087	0,00009	0,00058	0,00000	0,00000
14	0,0007%	0,00047	0,00015	0,00058	0,00029	0,00029	0,00058	0,00029	0,00087	0,00040	0,00029	0,00029	0,00231
21	0,0008%	0,00058	0,00023	0,00087	0,00029	0,00000	0,00029	0,00029	0,00029	0,00046	0,00029	0,00029	0,00029
28	0,0011%	0,00074	0,00008	0,00144	0,00029	0,00000	0,00029	0,00029	0,00029	0,00069	0,00029	0,00029	0,00058
35	0,0010%	0,00071	0,00023	0,00058	0,00000	0,00029	0,00029	0,00058	0,00115	0,00087	0,00029	0,00029	0,00058
42	0,0016%	0,00109	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00058	0,00029	0,00029	0,00072	0,00029	0,00029	0,00029
49	0,0015%	0,00104	0,00025	0,00087	0,00029	0,00000	0,00029	0,00029	0,00029	0,00075	0,00000	0,00029	0,00000
56	0,0014%	0,00101	0,00004	0,00087	0,00000	0,00029	0,00029	0,00029	0,00115	0,00165	0,00029	0,00029	0,00058
63	0,0020%	0,00139	0,00021	0,00029	0,00000	0,00029	0,00029	0,00058	0,00115	0,00150	0,00029	0,00000	0,00029
70	0,0019%	0,00136	0,00013	0,00087	0,00000	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00072	0,00029	0,00029	0,00029

Tabla 7. Incertidumbre por repetibilidad del equipo en ensayo.

U_{Desv cero} Laboratorios Participantes													
Presión	% FS	<i>u_{desv 0}</i>	P1-22-	P1-22-	P1-22-	P1-22-	P1-22-	P1-22-	P1-22-	P1-22-	P1-22-	P1-22-	P1-22-
MPa	LCPN	LCPN	102	103	104	105	106	107	108	110	111	112	116
0	0,0003%	0,00019	0,00032	0,00058	0,00029	0,00058	0,00058	0,00000	0,00000	0,00006	0,00087	0,00029	0,00029
7	0,0003%	0,00019	0,00032	0,00058	0,00029	0,00058	0,00058	0,00000	0,00000	0,00006	0,00087	0,00029	0,00029
14	0,0003%	0,00019	0,00032	0,00058	0,00029	0,00058	0,00058	0,00000	0,00000	0,00006	0,00087	0,00029	0,00029
21	0,0003%	0,00019	0,00032	0,00058	0,00029	0,00058	0,00058	0,00000	0,00000	0,00006	0,00087	0,00029	0,00029
28	0,0003%	0,00019	0,00032	0,00058	0,00029	0,00058	0,00058	0,00000	0,00000	0,00006	0,00087	0,00029	0,00029
35	0,0003%	0,00019	0,00032	0,00058	0,00029	0,00058	0,00058	0,00000	0,00000	0,00006	0,00087	0,00029	0,00029
42	0,0003%	0,00019	0,00032	0,00058	0,00029	0,00058	0,00058	0,00000	0,00000	0,00006	0,00087	0,00029	0,00029
49	0,0003%	0,00019	0,00032	0,00058	0,00029	0,00058	0,00058	0,00000	0,00000	0,00006	0,00087	0,00029	0,00029
56	0,0003%	0,00019	0,00032	0,00058	0,00029	0,00058	0,00058	0,00000	0,00000	0,00006	0,00087	0,00029	0,00029
63	0,0003%	0,00019	0,00032	0,00058	0,00029	0,00058	0,00058	0,00000	0,00000	0,00006	0,00087	0,00029	0,00029
70	0,0003%	0,00019	0,00032	0,00058	0,00029	0,00058	0,00058	0,00000	0,00000	0,00006	0,00087	0,00029	0,00029

Tabla 8. Incertidumbre por desviación de cero del equipo en ensayo.

$u_{\text{estabilidad}}$ Laboratorios Participantes													
Presión	% FS	$u_{\text{desv 0}}$	P1-22-102	P1-22-103	P1-22-104	P1-22-105	P1-22-106	P1-22-107	P1-22-108	P1-22-110	P1-22-111	P1-22-112	P1-22-116
MPa	LCPN	LCPN											
0	0,0004%	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00006	0,00087	0,00029	0,00029
7	0,0004%	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00006	0,00087	0,00029	0,00029
14	0,0004%	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00006	0,00087	0,00029	0,00029
21	0,0004%	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00006	0,00087	0,00029	0,00029
28	0,0004%	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00006	0,00087	0,00029	0,00029
35	0,0004%	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00006	0,00087	0,00029	0,00029
42	0,0004%	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00006	0,00087	0,00029	0,00029
49	0,0004%	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00006	0,00087	0,00029	0,00029
56	0,0004%	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00006	0,00087	0,00029	0,00029
63	0,0004%	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00006	0,00087	0,00029	0,00029
70	0,0004%	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00006	0,00087	0,00029	0,00029
Estabilidad MPa		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,0001	0,003	0,001	0,001

Tabla 9. Incertidumbre por estabilidad del equipo en ensayo.

$u_{\text{Patrón}} = 1$		BPM	TX	Test G	BPM	BPM	Test G	BPM	TEST G	TX	BPM	BPM	TEST G
Presión	% FS	$u_{\text{patrón}}$	P1-22-102	P1-22-103	P1-22-104	P1-22-105	P1-22-106	P1-22-107	P1-22-108	P1-22-110	P1-22-111	P1-22-112	P1-22-116
MPa	LCPN	LCPN											
0	0,0000%	0,00E+00	2,92E-04	5,64E-04	6,66E-05	3,20E-04	1,50E-03	1,50E-04	1,50E-03	2,50E-03	2,50E-04	2,20E-04	2,50E-03
7	0,0006%	4,36E-04	3,30E-04	9,56E-04	1,42E-04	3,20E-04	1,50E-03	1,50E-04	1,50E-03	2,50E-03	2,50E-04	2,20E-04	2,50E-03
14	0,0006%	4,36E-04	4,07E-04	1,08E-03	2,59E-04	6,34E-04	1,50E-03	2,60E-04	1,50E-03	2,50E-03	4,97E-04	4,70E-04	2,50E-03
21	0,0006%	4,36E-04	5,17E-04	1,06E-03	3,82E-04	9,50E-04	1,50E-03	3,98E-04	1,50E-03	2,50E-03	7,45E-04	4,70E-04	2,50E-03
28	0,0006%	4,36E-04	6,51E-04	9,92E-04	5,05E-04	1,27E-03	1,50E-03	5,72E-04	1,50E-03	2,50E-03	9,94E-04	8,08E-04	2,50E-03
35	0,0006%	4,36E-04	8,05E-04	9,62E-04	6,31E-04	1,58E-03	1,50E-03	7,77E-04	1,50E-03	2,50E-03	1,24E-03	1,25E-03	2,50E-03
42	0,0007%	5,22E-04	9,70E-04	1,02E-03	7,57E-04	1,90E-03	1,50E-03	1,01E-03	1,50E-03	2,50E-03	1,49E-03	1,25E-03	2,50E-03
49	0,0009%	6,11E-04	1,14E-03	1,18E-03	8,82E-04	2,22E-03	1,50E-03	1,27E-03	1,50E-03	2,50E-03	1,74E-03	1,80E-03	2,50E-03
56	0,0010%	6,97E-04	1,31E-03	1,39E-03	1,01E-03	2,53E-03	1,50E-03	1,56E-03	1,50E-03	2,50E-03	1,99E-03	2,47E-03	2,50E-03
63	0,0011%	7,87E-04	1,46E-03	1,56E-03	1,14E-03	2,85E-03	1,50E-03	1,87E-03	1,50E-03	2,50E-03	2,24E-03	2,47E-03	2,50E-03
70	0,0012%	8,75E-04	1,60E-03	1,51E-03	1,26E-03	3,17E-03	1,50E-03	2,22E-03	1,50E-03	2,50E-03	2,48E-03	3,25E-03	2,50E-03

Tabla 10. Incertidumbre del patrón utilizado de cada laboratorio participante.

$u_{\text{res std}}$	BPM	TX	Test G	BPM	BPM	Test G	BPM	TEST G	TX	BPM	BPM	TEST G
Patrón = 1	PILOTO	0,0001	0,001	N/A	N/A	0,001	N/A	0,001	0,0001	N/A	N/A	0,001
Presión	$u_{\text{res patrón}}$	P1-22-102	P1-22-103	P1-22-104	P1-22-105	P1-22-106	P1-22-107	P1-22-108	P1-22-110	P1-22-111	P1-22-112	P1-22-116
MPa	LCPN											
0	NO	2,89E-05	2,89E-04	NO	NO	2,89E-04	NO	2,89E-04	2,89E-05	NO	NO	2,89E-04
7	APLICA	2,89E-05	2,89E-04	APLICA	APLICA	2,89E-04	APLICA	2,89E-04	2,89E-05	APLICA	APLICA	2,89E-04
14		2,89E-05	2,89E-04			2,89E-04		2,89E-04	2,89E-05			2,89E-04
21		2,89E-05	2,89E-04			2,89E-04		2,89E-04	2,89E-05			2,89E-04
28		2,89E-05	2,89E-04			2,89E-04		2,89E-04	2,89E-05			2,89E-04
35		2,89E-05	2,89E-04			2,89E-04		2,89E-04	2,89E-05			2,89E-04
42		2,89E-05	2,89E-04			2,89E-04		2,89E-04	2,89E-05			2,89E-04
49		2,89E-05	2,89E-04			2,89E-04		2,89E-04	2,89E-05			2,89E-04
56		2,89E-05	2,89E-04			2,89E-04		2,89E-04	2,89E-05			2,89E-04
63		2,89E-05	2,89E-04			2,89E-04		2,89E-04	2,89E-05			2,89E-04
70		2,89E-05	2,89E-04			2,89E-04		2,89E-04	2,89E-05			2,89E-04

Tabla 11. Incertidumbre por resolución del patrón utilizado por cada laboratorio participante.

U deriva std		Laboratorios Participantes											
Presión MPa	% FS LCPN	u _{deriva} LCPN	TX	Test G	BPM	BPM	Test G	BPM	TEST G	TX	BPM	BPM	TEST G
			P1-22-102	P1-22-103	P1-22-104	P1-22-105	P1-22-106	P1-22-107	P1-22-108	P1-22-110	P1-22-111	P1-22-112	P1-22-116
0	0,000000%	0,00E+00	1,8E-04	6,9E-04	0,0E+00	7,7E-05	1,7E-03	0,0E+00	2,0E-04	9,8E-03	1,4E-04	3,1E-04	5,2E-03
7	0,000257%	1,80E-05	1,8E-04	6,9E-04	1,3E-04	7,7E-05	1,7E-03	3,7E-05	2,0E-04	9,8E-03	1,4E-04	3,1E-04	5,2E-03
14	0,000128%	1,80E-05	1,8E-04	6,9E-04	2,7E-04	7,7E-05	1,7E-03	7,5E-05	2,0E-04	9,8E-03	2,9E-04	3,1E-04	5,2E-03
21	0,000086%	1,80E-05	1,8E-04	6,9E-04	4,0E-04	7,7E-05	1,7E-03	1,1E-04	2,0E-04	9,8E-03	4,3E-04	3,1E-04	5,2E-03
28	0,000064%	1,80E-05	1,8E-04	6,9E-04	5,3E-04	7,7E-05	1,7E-03	1,5E-04	2,0E-04	9,8E-03	5,7E-04	3,1E-04	5,2E-03
35	0,000051%	1,80E-05	1,8E-04	6,9E-04	6,7E-04	7,7E-05	1,7E-03	1,9E-04	2,0E-04	9,8E-03	7,2E-04	3,1E-04	5,2E-03
42	0,000043%	1,80E-05	1,8E-04	6,9E-04	8,0E-04	7,7E-05	1,7E-03	2,2E-04	2,0E-04	9,8E-03	8,6E-04	3,1E-04	5,2E-03
49	0,000037%	1,80E-05	1,8E-04	6,9E-04	9,3E-04	7,7E-05	1,7E-03	2,6E-04	2,0E-04	9,8E-03	1,0E-03	3,1E-04	5,2E-03
56	0,000032%	1,80E-05	1,8E-04	6,9E-04	1,1E-03	7,7E-05	1,7E-03	3,0E-04	2,0E-04	9,8E-03	1,1E-03	3,1E-04	5,2E-03
63	0,000029%	1,80E-05	1,8E-04	6,9E-04	1,2E-03	7,7E-05	1,7E-03	3,4E-04	2,0E-04	9,8E-03	1,3E-03	3,1E-04	5,2E-03
70	0,000026%	1,80E-05	1,8E-04	6,9E-04	1,3E-03	7,7E-05	1,7E-03	3,7E-04	2,0E-04	9,8E-03	1,4E-03	3,1E-04	5,2E-03

Tabla 12. Incertidumbre por deriva del patrón utilizado de cada laboratorio.

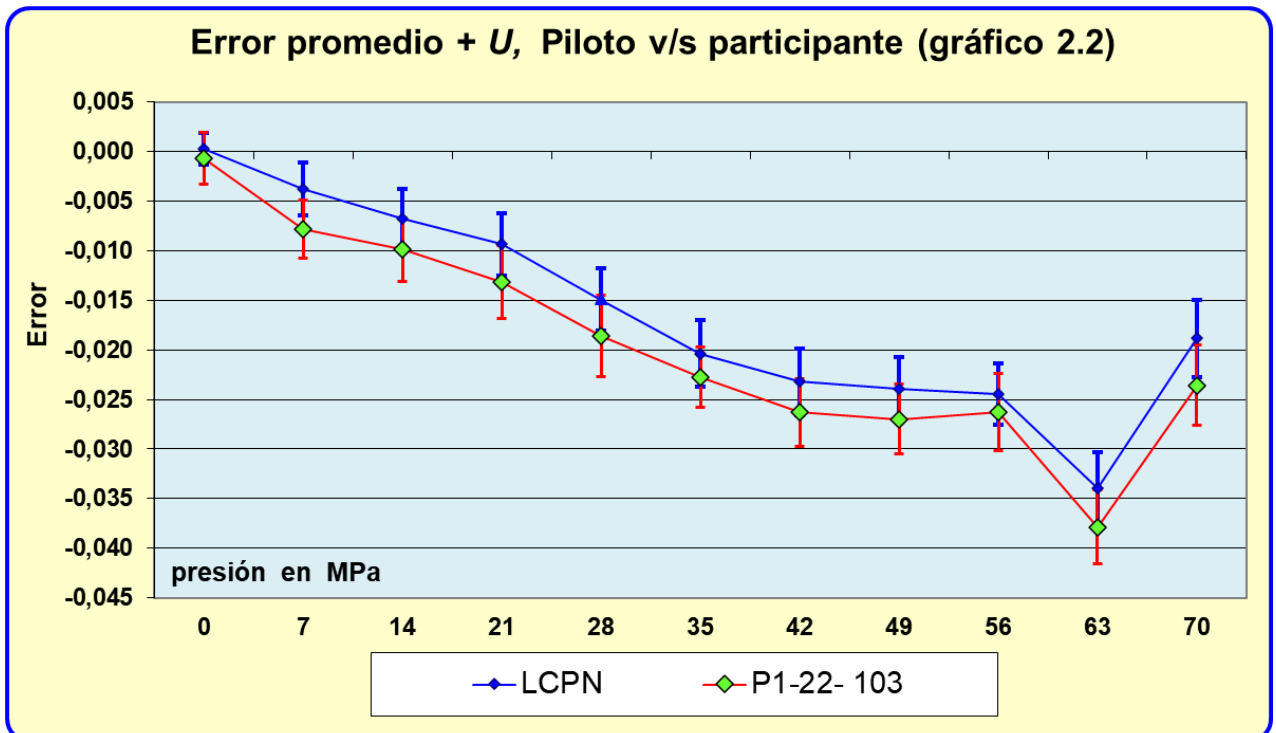
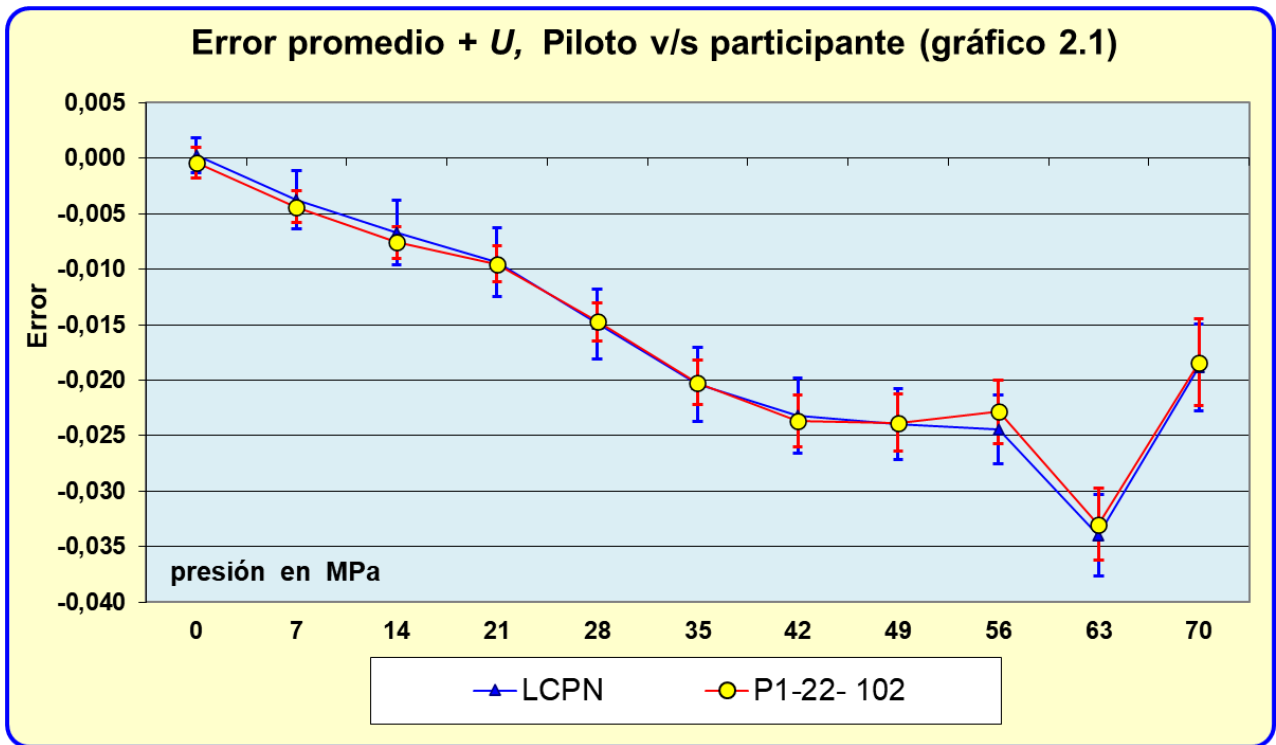
U Diff altura		Laboratorios Participantes											
Presión MPa	% FS LCPN	u _{Δh} LCPN	P1-22-102	P1-22-103	P1-22-104	P1-22-105	P1-22-106	P1-22-107	P1-22-108	P1-22-110	P1-22-111	P1-22-112	P1-22-116
			0	0,000032%	2,23E-05	2,12E-05	2,12E-05	2,168E-05	2,174E-05	2,14E-05	2,13E-05	2,09E-05	8,66E-06
7	0,000032%	2,23E-05	2,12E-05	2,12E-05	2,168E-05	2,183E-05	2,15E-05	2,13E-05	2,09E-05	8,79E-06	2,51E-06	1,302E-06	2,585E-05
14	0,000032%	2,23E-05	2,12E-05	2,12E-05	2,168E-05	2,191E-05	2,16E-05	2,13E-05	2,09E-05	8,92E-06	2,52E-06	1,304E-06	2,588E-05
21	0,000032%	2,24E-05	2,12E-05	2,12E-05	2,168E-05	2,200E-05	2,17E-05	2,13E-05	2,09E-05	9,05E-06	2,53E-06	1,306E-06	2,592E-05
28	0,000032%	2,24E-05	2,12E-05	2,12E-05	2,168E-05	2,209E-05	2,18E-05	2,13E-05	2,09E-05	9,19E-06	2,54E-06	1,308E-06	2,596E-05
35	0,000032%	2,24E-05	2,12E-05	2,12E-05	2,168E-05	2,217E-05	2,19E-05	2,13E-05	2,09E-05	9,33E-06	2,55E-06	1,310E-06	2,600E-05
42	0,000032%	2,24E-05	2,12E-05	2,12E-05	2,168E-05	2,226E-05	2,19E-05	2,13E-05	2,09E-05	9,47E-06	2,56E-06	1,312E-06	2,603E-05
49	0,000032%	2,24E-05	2,12E-05	2,12E-05	2,168E-05	2,235E-05	2,20E-05	2,13E-05	2,09E-05	9,62E-06	2,57E-06	1,314E-06	2,607E-05
56	0,000032%	2,24E-05	2,12E-05	2,12E-05	2,168E-05	2,244E-05	2,21E-05	2,13E-05	2,09E-05	9,78E-06	2,58E-06	1,316E-06	2,611E-05
63	0,000032%	2,24E-05	2,12E-05	2,12E-05	2,168E-05	2,253E-05	2,22E-05	2,13E-05	2,09E-05	9,94E-06	2,59E-06	1,318E-06	2,614E-05
70	0,000032%	2,25E-05	2,12E-05	2,12E-05	2,168E-05	2,262E-05	2,23E-05	2,13E-05	2,09E-05	1,01E-05	2,60E-06	1,319E-06	2,618E-05
U = mm		5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	2,0	0,58	0,29	0,01

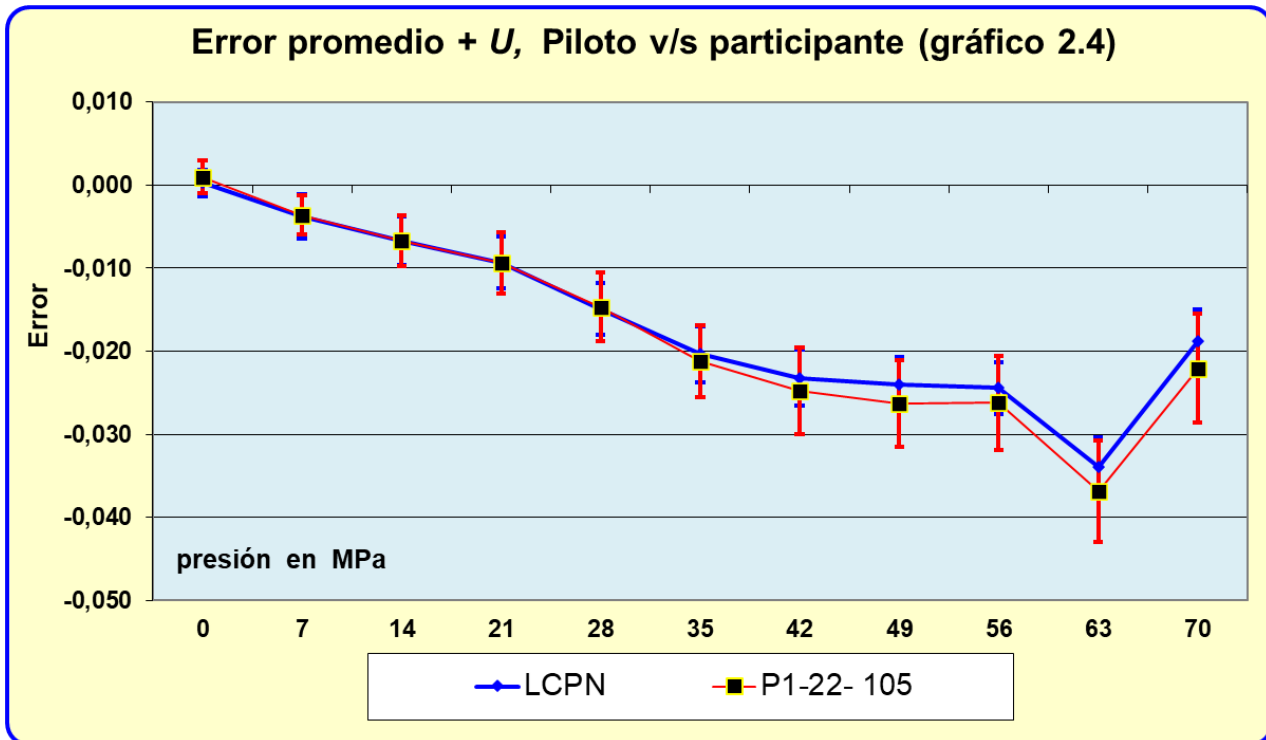
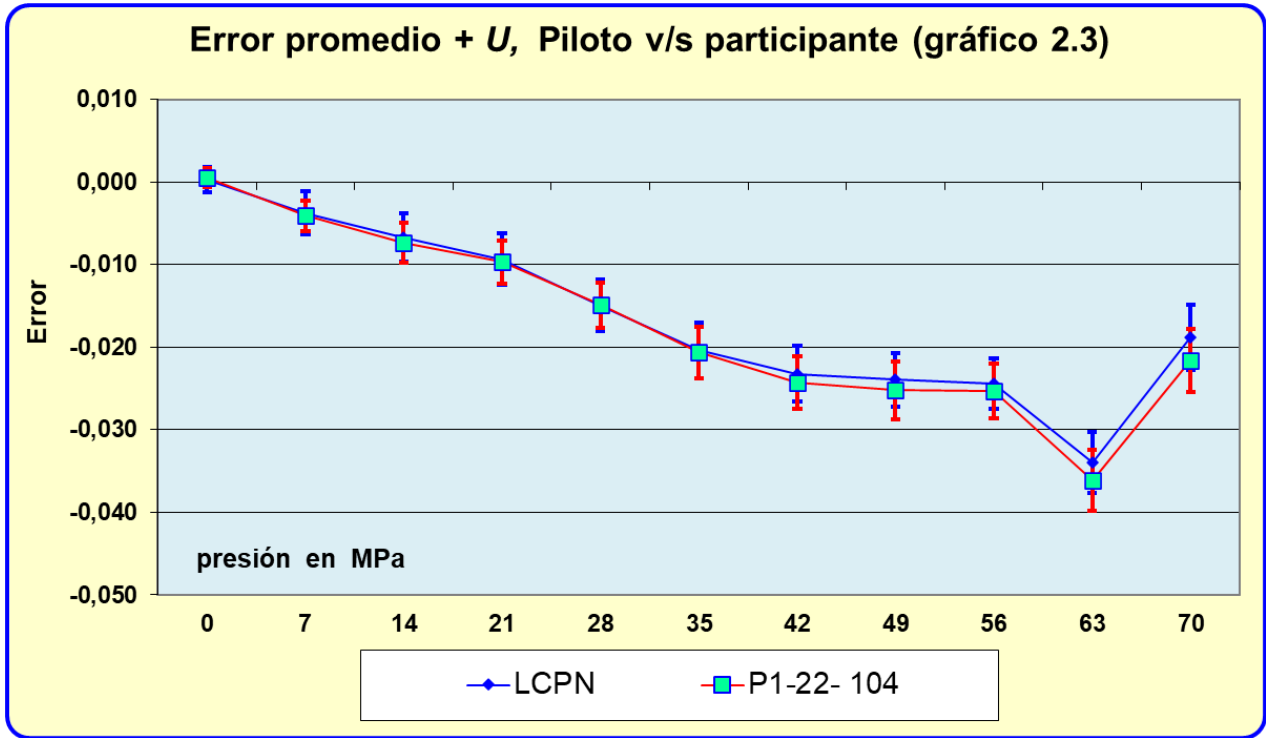
Tabla 13. Incertidumbre por diferencia de altura entre el equipo en ensayo y el patrón utilizado, se destacan en color naranja los participantes con error de cálculo y/o subvalorado.

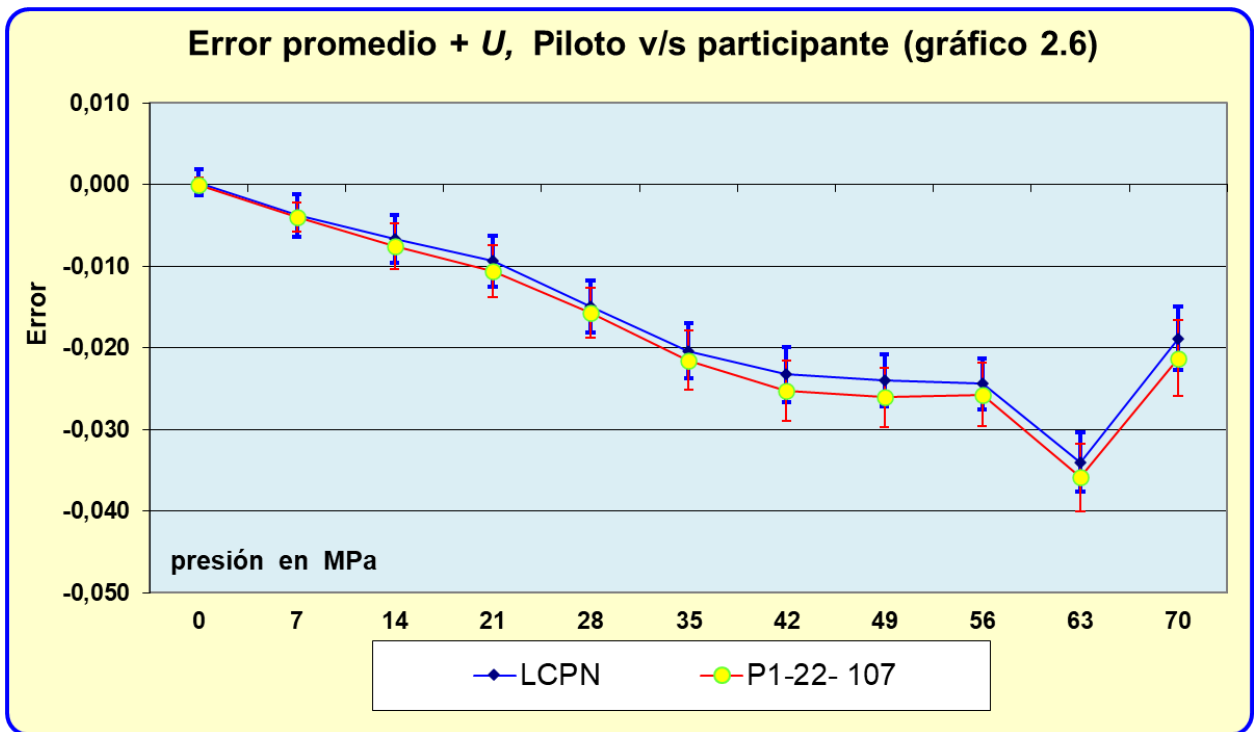
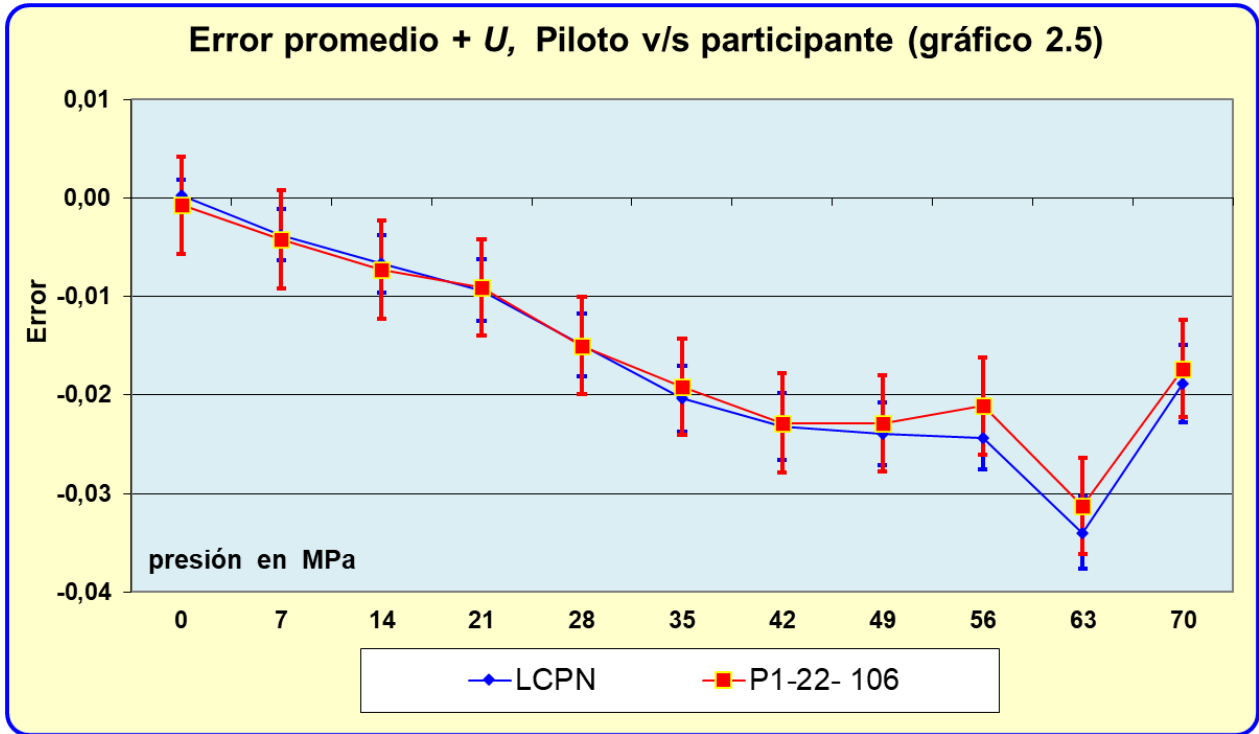
MCM		Laboratorios Participantes											
Presión MPa	% FS LCPN	MCM LCPN	TX	Test G	BPM	BPM	Test G	BPM	TEST G	TX	BPM	BPM	TEST G
			P1-22-102	P1-22-103	P1-22-104	P1-22-105	P1-22-106	P1-22-107	P1-22-108	P1-22-110	P1-22-111	P1-22-112	P1-22-116
0,0	0,000000%	0,0000	0,0050	0,0210	0,0004	0,0006	0,0300	0,0000	0,0200	0,0116	0,0005	0,0000	0,0110
7,0	0,00187%	0,0013	0,0050	0,0210	0,0007	0,0006	0,0300	0,0072	0,0200	0,0116	0,0005	0,0008	0,0110
14,0	0,00187%	0,0013	0,0050	0,0210	0,0011	0,0006	0,0300	0,0144	0,0200	0,0116	0,0010	0,0017	0,0110
21,0	0,00187%	0,0013	0,0050	0,0210	0,0016	0,0006	0,0300	0,0216	0,0200	0,0116	0,0015	0,0034	0,0110
28,0	0,00187%	0,0013	0,0050	0,0210	0,0022	0,0006	0,0300	0,0288	0,0200	0,0116	0,0020	0,0045	0,0110
35,0	0,00187%	0,0013	0,0050	0,0210	0,0027	0,0006	0,0300	0,0360	0,0200	0,0116	0,0025	0,0056	0,0110
42,0	0,00224%	0,0016	0,0050	0,0210	0,0032	0,0006	0,0300	0,0433	0,0200	0,0116	0,0030	0,0068	0,0110
49,0	0,00262%	0,0018	0,0050	0,0210	0,0038	0,0006	0,0300	0,0505	0,0200	0,0116	0,0035	0,0079	0,0110
56,0	0,00299%	0,0021	0,0050	0,0210	0,0043	0,0006	0,0300	0,0577	0,0200	0,0116	0,0040	0,0090	0,0110
63,0	0,00337%	0,0024	0,0050	0,0210	0,0048	0,0006	0,0300	0,0649	0,0200	0,0116	0,0045	0,0101	0,0110
70,0	0,00375%	0,0026	0,0050	0,0210	0,0053	0,0006	0,0300	0,0721	0,0200	0,0116	0,0050	0,0113	0,0110
MCM v/s Ustd min (k=2)		1,50	7,6	11	2,3	1,0	10	24	6,7	2,3	1,0	1,9	2,2

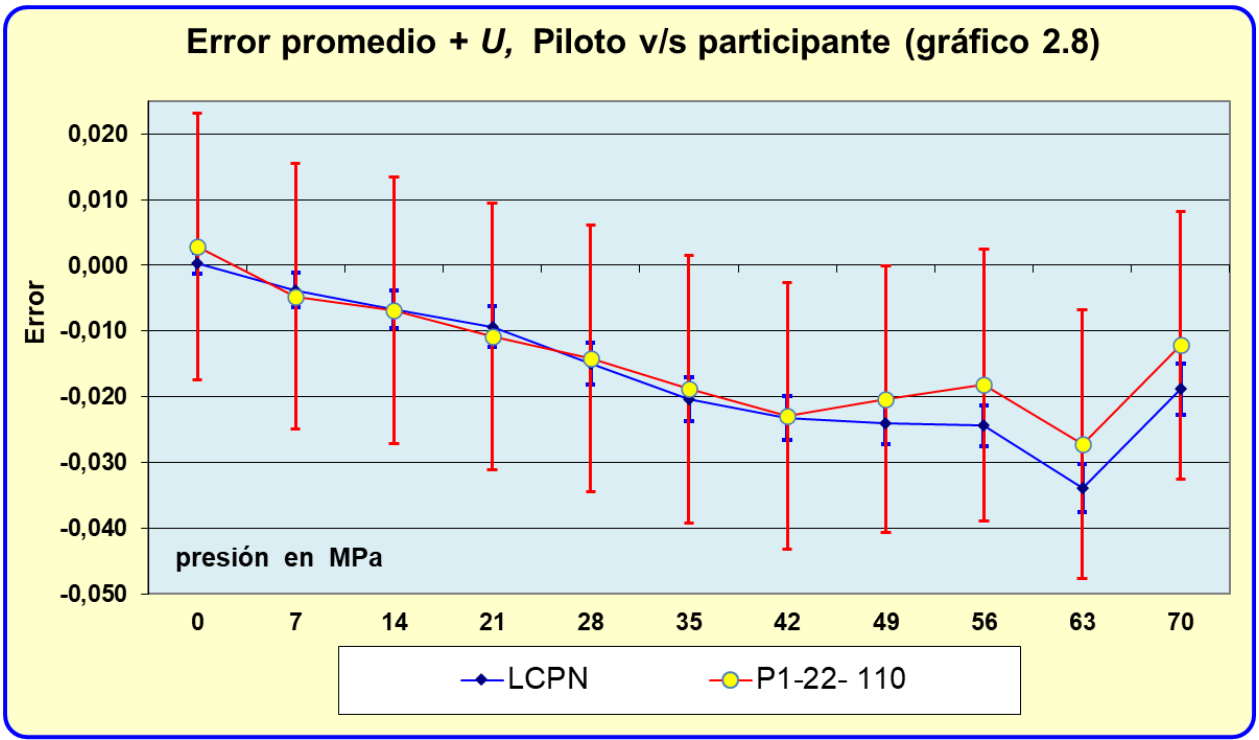
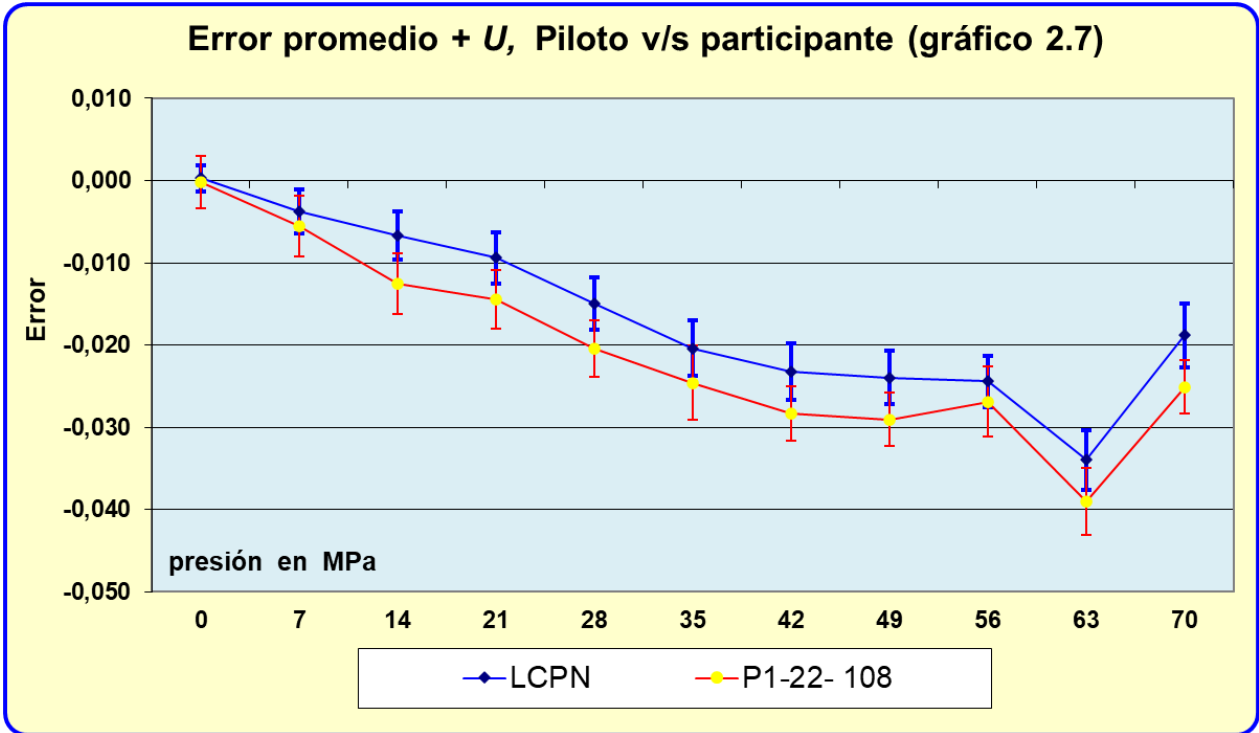
Tabla 14. Mejor capacidad de medición de acuerdo al patrón utilizado de cada laboratorio participante, se destacan en color naranja los participantes con MCM subvalorada y sobrevalorada.

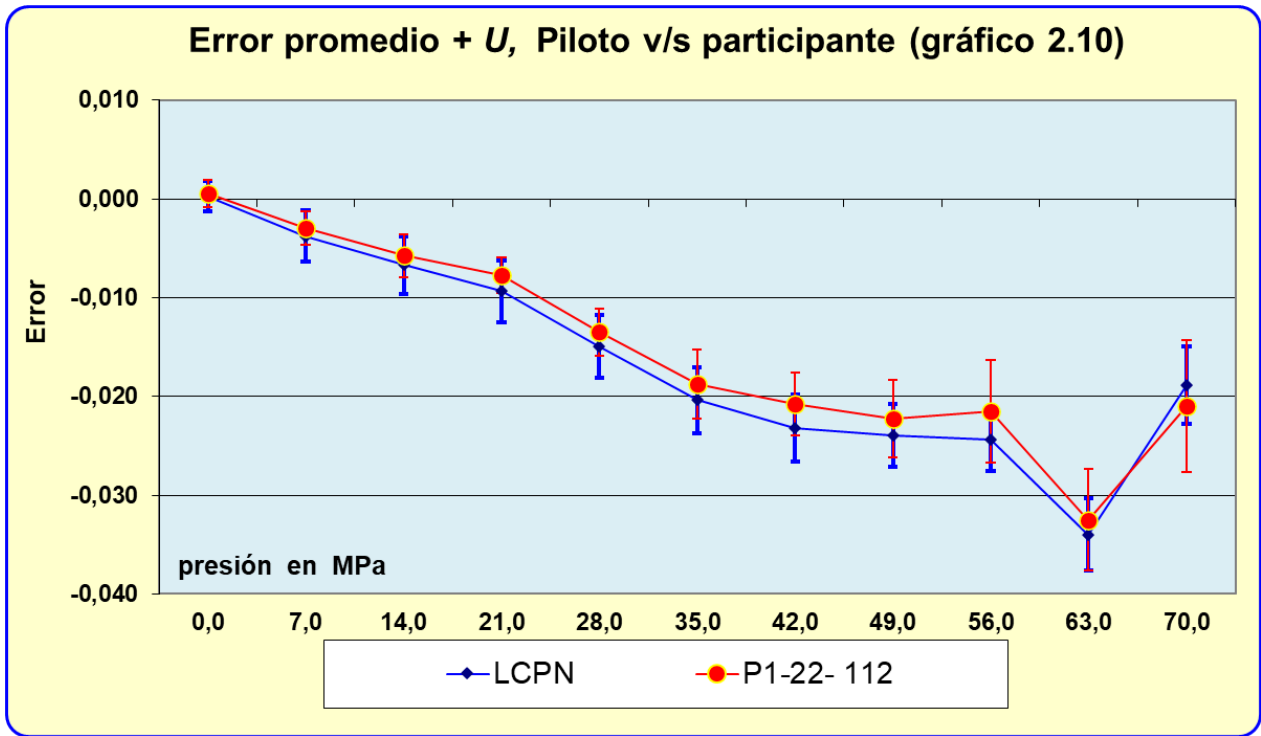
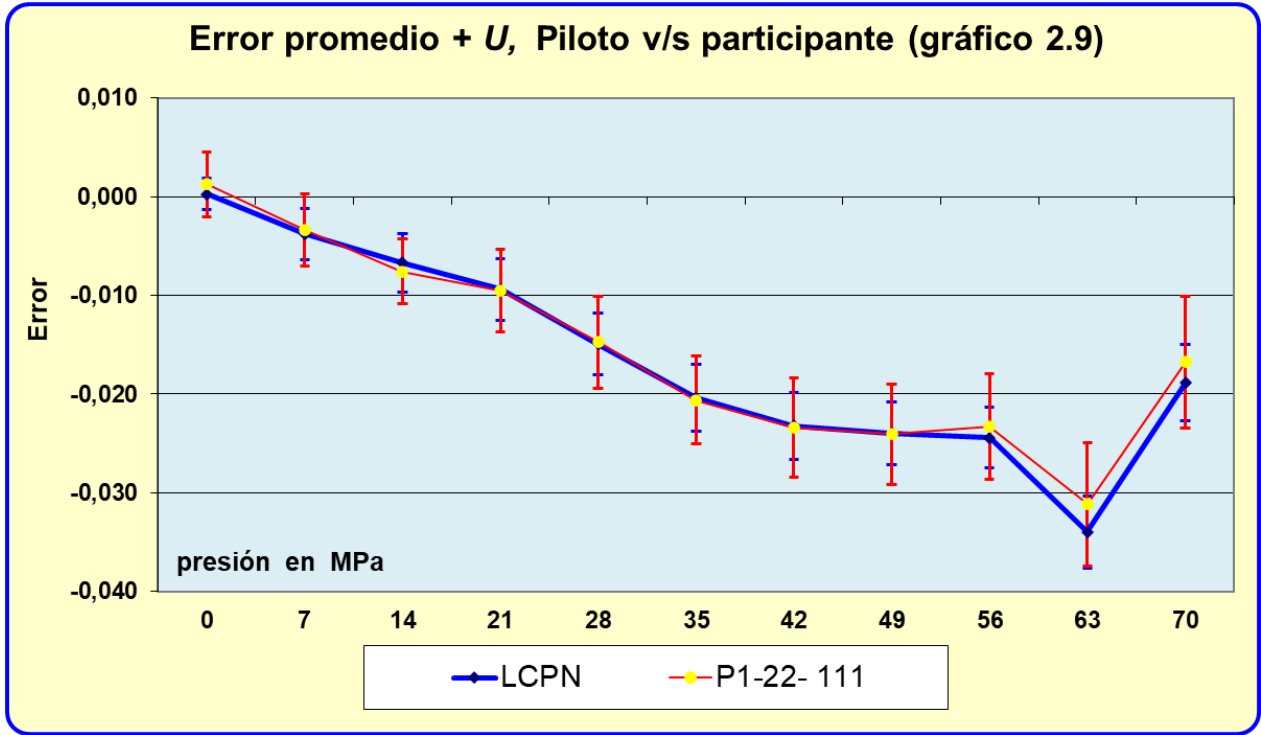
Los gráficos 2.1 al 2.11 registran Error promedio + U, Piloto v/s participante.

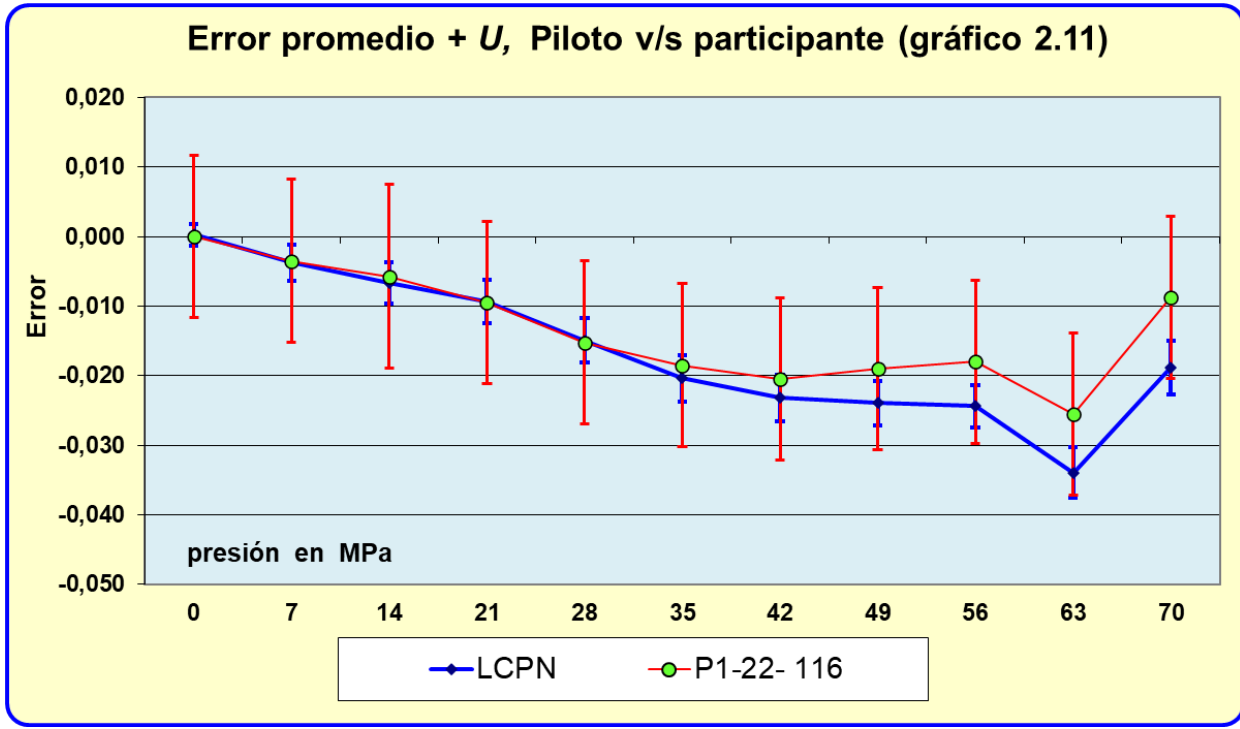












Valores de referencia

Los valores de error e incertidumbre de referencia, E_{ref} y U_{ref} , son de suma importancia en una comparación ya que son los valores con los cuales se comparan los resultados obtenidos por los laboratorios participantes. Para la adecuada definición de estos valores de referencia se consideraron las particularidades más importantes de esta comparación.

Error Normalizado (E_n)

Los resultados obtenidos por los laboratorios se analizaron, mediante el criterio de comparaciones del error normalizado E_n . El error normalizado es definido en las normas sobre comparaciones y utilizado en otras comparaciones. El error normalizado se calcula mediante la ecuación que se da a continuación, que se aplica para cada punto de medición examinado del laboratorio analizado y el respectivo valor de referencia.

$$E_n = \frac{(E_{lab} - E_{ref})}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}}$$

E_n = Error normalizado.

E_{lab} = Error de la medición que obtiene el laboratorio participante.

E_{ref} = Error de la medición de referencia (LCPN-P).

U_{lab} = Incertidumbre expandida ($k=2$) de medición laboratorio participante.

U_{ref} = Incertidumbre expandida ($k=2$) de referencia (LCPN-P).

El Error Normalizado determina el desempeño para los valores obtenidos donde:

$$|E_n| \leq 1.0 \text{ Resultado satisfactorio}$$

$$|E_n| > 1.0 \text{ Resultado NO satisfactorio}$$

Evaluación de resultados EA P1-22 (70 MPa)

En general de los resultados obtenidos por los Laboratorios participantes en éste ensayo de aptitud "EA P1-22 70 MPa" integrantes de la RNM de Chile, se obtiene:

MCM. La mejor capacidad de Medición puede ser definida como:

"La incertidumbre de medición más pequeña que un laboratorio puede lograr dentro del alcance de su acreditación, cuando realiza calibraciones rutinarias de equipos de medición casi ideales"

**Concepto extraído de la comunidad de acreditación (ILAC-G4; EA-4/02; EMA-MP-CA001-02)*

MCM declarada por cada Participante.

MCM	P1-22-102	P1-22-103	P1-22-104	P1-22-105	P1-22-106	P1-22-107	P1-22-108	P1-22-110	P1-22-111	P1-22-112	P1-22-116	
Patrón	B P M	TX	Test G	B P M	B P M	Test G	B P M	TEST G	TX	B P M	B P M	TEST G
Unidad	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
Rango	140	70	70	100	70	70	83	70	100	70	100	100
resolución	PILOTO	0,0001	0,001	N/A	N/A	0,001	N/A	0,001	0,0001	N/A	N/A	0,001
clase	0,005%	0,01%	0,05%	0,015%	0,02%	0,02%	0,005%	0,05%	0,025%	0,025%	0,015%	0,025%
$U_{patrón \min(K=2)}$	0,0009	0,00066	0,0019	0,00028	0,00064	0,003	0,0003	0,003	0,005	0,0005	0,00044	0,005
MCM	0,0013	0,0050	0,021	0,00066	0,00064	0,03	0,0072	0,02	0,012	0,0005	0,00083	0,011
MCM v/s $U_{total \min (k=2)}$	1,50	7,6	11	2,3	1,0	10	24	6,7	2,3	1,0	1,9	2,2

Tabla 15. Mejor capacidad de medición.

- Los participantes **P1-22-105, P1-22-111y P1-22-116,** presentan **MCM** subvalorada al ser **igual o menor** a la **U** del patrón utilizado en éste ensayo. Por lo tanto, se sugiere revisar su mejor capacidad de medición.
- Los participantes **P1-22-102, P1-22-103, P1-22-106, P1-22-107 y P1-22-108,** presentan **MCM** sobrevalorada al ser entre **6,7 y 24** veces mayor a la **U** del patrón utilizado en éste ensayo. Por lo tanto, se sugiere revisar su mejor capacidad de medición.

Deriva: Es la variación en la medición de un equipo en un lapso de tiempo, y puede ser calculada a partir del histórico de calibraciones sucesivas del patrón.

Deriva	P1-22-102	P1-22-103	P1-22-104	P1-22-105	P1-22-106	P1-22-107	P1-22-108	P1-22-110	P1-22-111	P1-22-112	P1-22-116	
P1-22- Piloto												
Patrón	B P M	TX	Test G	B P M	B P M	Test G	B P M	TEST G	TX	B P M	B P M	TEST G
Unidad	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
Rango	140	70	70	100	70	70	83	70	100	70	100	100
resolución	PILOTO	0,0001	0,001	N/A	N/A	0,001	N/A	0,001	0,0001	N/A	N/A	0,001
U total min k=1	0,00044	0,0014	0,0029	0,0019	0,0023	0,0049	0,0018	0,0032	0,0203	0,0033	0,0017	0,0232
U total max k=1	0,00087	0,0039	0,0041	0,0038	0,0065	0,0050	0,0046	0,0046	0,0207	0,0067	0,0067	0,0264
Deriv info	0,000018	0,001100	0,000687	0,000550	0,000267	0,003000	0,000000	0,000680	0,017000	0,002869	0,000534	0,009000
u deriv parcial	0,000010	0,000182	0,000687	0,001332	0,000077	0,001732	0,000373	0,000196	0,009815	0,001434	0,000308	0,005196
max % $u_{\text{deriva}} / s U_{\text{total } k=1}$	2,38%	10,4%	19,2%	35,3%	3,6%	32,8%	10,7%	7,6%	76,4%	76,4%	18,3%	55,8%

Tabla 16. Incertidumbre por deriva.

Histéresis y Repetibilidad

- Sin observaciones.

Diferencia de altura $u_{\Delta h}$:

Para evaluar el desempeño de los participantes respecto a la evaluación de la contribución por diferencia de altura, $u_{\Delta h}$, se calculó, a partir de la información entregada por cada laboratorio, la densidad del aire bajo condiciones ambientales, suponiendo humedad relativa del 50% y la densidad del fluido de transmisión afecta a presión y temperatura, usando el coeficiente de compresibilidad del fluido igual a $4,93 \times 10^9 Pa$ y coeficiente de dilatación térmica del fluido $7,099 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ C^{-1}$ (esto considerando una variación de $1 \text{ } ^\circ C$ durante la medición). Con esto, junto con la incertidumbre informada del instrumento empleado para medir los niveles de referencia de los elementos en calibración y la gravedad local indicada en el reporte de resultados, se determinó la contribución por diferencia de altura. Finalmente, el valor obtenido en este cálculo es comparado con los valores informados por cada laboratorio mediante una diferencia simple, si la diferencia obtenida es al menos dos órdenes de magnitud menor se considera que el valor informado está correcto.

Los cálculos aquí mencionados fueron realizados conforme con la guía “Incertidumbre por diferencia de altura” emitida por el LCPN-P como material de apoyo para estas instancias.

A continuación, se presentan algunas observaciones y correcciones a considerar por cada laboratorio para mejorar su desempeño en futuras mediciones:

U Diff altura		Laboratorios Participantes											
Presión	% FS	$u_{\Delta h}$	P1-22-102	P1-22-103	P1-22-104	P1-22-105	P1-22-106	P1-22-107	P1-22-108	P1-22-110	P1-22-111	P1-22-112	P1-22-116
MPa	LCPN	LCPN											
0	0,000032%	2,23E-05	2,12E-05	2,12E-05	2,168E-05	2,174E-05	2,14E-05	2,13E-05	2,09E-05	8,66E-06	2,50E-06	1,301E-06	2,581E-05
7	0,000032%	2,23E-05	2,12E-05	2,12E-05	2,168E-05	2,183E-05	2,15E-05	2,13E-05	2,09E-05	8,79E-06	2,51E-06	1,302E-06	2,585E-05
14	0,000032%	2,23E-05	2,12E-05	2,12E-05	2,168E-05	2,191E-05	2,16E-05	2,13E-05	2,09E-05	8,92E-06	2,52E-06	1,304E-06	2,588E-05
21	0,000032%	2,24E-05	2,12E-05	2,12E-05	2,168E-05	2,200E-05	2,17E-05	2,13E-05	2,09E-05	9,05E-06	2,53E-06	1,306E-06	2,592E-05
28	0,000032%	2,24E-05	2,12E-05	2,12E-05	2,168E-05	2,209E-05	2,18E-05	2,13E-05	2,09E-05	9,19E-06	2,54E-06	1,308E-06	2,596E-05
35	0,000032%	2,24E-05	2,12E-05	2,12E-05	2,168E-05	2,217E-05	2,19E-05	2,13E-05	2,09E-05	9,33E-06	2,55E-06	1,310E-06	2,600E-05
42	0,000032%	2,24E-05	2,12E-05	2,12E-05	2,168E-05	2,226E-05	2,19E-05	2,13E-05	2,09E-05	9,47E-06	2,56E-06	1,312E-06	2,603E-05
49	0,000032%	2,24E-05	2,12E-05	2,12E-05	2,168E-05	2,235E-05	2,20E-05	2,13E-05	2,09E-05	9,62E-06	2,57E-06	1,314E-06	2,607E-05
56	0,000032%	2,24E-05	2,12E-05	2,12E-05	2,168E-05	2,244E-05	2,21E-05	2,13E-05	2,09E-05	9,78E-06	2,58E-06	1,316E-06	2,611E-05
63	0,000032%	2,24E-05	2,12E-05	2,12E-05	2,168E-05	2,253E-05	2,22E-05	2,13E-05	2,09E-05	9,94E-06	2,59E-06	1,318E-06	2,614E-05
70	0,000032%	2,25E-05	2,12E-05	2,12E-05	2,168E-05	2,262E-05	2,23E-05	2,13E-05	2,09E-05	1,01E-05	2,60E-06	1,319E-06	2,618E-05
	$U = \text{mm}$	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	2,0	0,58	0,29	0,01

- Participantes P1-22-102, P1-22-103, P1-22-104, P1-22-107 & P1-22-108: Se recomienda revisar el cálculo incertidumbre ya que informan el mismo valor en cada punto de calibración sin variaciones del valor con el aumento de la presión.
- Participantes P1-22-110, P1-22-111, P1-22-112 & P1-22-116: Se recomienda revisar el valor de incertidumbre en mm al estar subvalorado.
- Participante P1-22-116: Se recomienda revisar el valor de incertidumbre informado ya que no tiene relación con el valor en mm.

Estabilidad

$u_{\text{estabilidad}}$ Laboratorios Participantes													
Presión	% FS	$u_{\text{desv 0}}$	P1-22-102	P1-22-103	P1-22-104	P1-22-105	P1-22-106	P1-22-107	P1-22-108	P1-22-110	P1-22-111	P1-22-112	P1-22-116
MPa	LCPN	LCPN											
0	0,0004%	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00006	0,00087	0,00029	0,00029
7	0,0004%	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00006	0,00087	0,00029	0,00029
14	0,0004%	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00006	0,00087	0,00029	0,00029
21	0,0004%	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00006	0,00087	0,00029	0,00029
28	0,0004%	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00006	0,00087	0,00029	0,00029
35	0,0004%	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00006	0,00087	0,00029	0,00029
42	0,0004%	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00006	0,00087	0,00029	0,00029
49	0,0004%	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00006	0,00087	0,00029	0,00029
56	0,0004%	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00006	0,00087	0,00029	0,00029
63	0,0004%	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00006	0,00087	0,00029	0,00029
70	0,0004%	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00006	0,00087	0,00029	0,00029
Estabilidad MPa		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,0001	0,003	0,001	0,001

- El participante **P1-22-110**: Error en el cálculo de $u_{\text{estabilidad}}$, además informa la estabilidad del patrón **0,0001 MPa**, siendo que debería informar la estabilidad del equipo viajero por tanto no puede ser menor a **0,001 MPa**.

Error Normalizado (E_n)

La tabla 18 indica los errores normalizados (E_n), de los laboratorios participantes que pueden ser analizados.

E_n Participantes											
Presión MPa	P1-22-102	P1-22-103	P1-22-104	P1-22-105	P1-22-106	P1-22-107	P1-22-108	P1-22-110	P1-22-111	P1-22-112	P1-22-116
0	0,30	0,29	0,12	0,29	0,20	0,14	0,13	0,13	0,26	0,11	0,02
7	0,20	1,0	0,10	0,04	0,09	0,08	0,39	0,05	0,09	0,24	0,02
14	0,27	0,73	0,17	0,01	0,09	0,21	1,24	0,01	0,19	0,26	0,07
21	0,04	0,78	0,08	0,00	0,05	0,27	1,06	0,07	0,03	0,44	0,01
28	0,05	0,70	0,01	0,05	0,01	0,18	1,15	0,04	0,03	0,35	0,03
35	0,04	0,52	0,05	0,15	0,20	0,23	0,73	0,08	0,04	0,33	0,15
42	0,11	0,62	0,22	0,25	0,06	0,40	1,0	0,02	0,02	0,52	0,22
49	0,03	0,62	0,26	0,38	0,18	0,42	1,09	0,17	0,02	0,33	0,41
56	0,35	0,35	0,18	0,27	0,55	0,25	0,45	0,30	0,18	0,47	0,53
63	0,19	0,70	0,39	0,39	0,42	0,32	0,88	0,32	0,38	0,23	0,69
70	0,08	0,81	0,48	0,41	0,23	0,39	1,17	0,32	0,26	0,27	0,82

Tabla 18. Datos del error normalizado de los laboratorios participantes, se destacan en color naranja los participantes con resultados mayores que 1.

Gráficos de Error Normalizado

Los gráficos 3A y 3B muestran las curvas de error normalizado obtenidas por cada laboratorio participante correspondientes a los datos presentados en la **Tabla 18**.

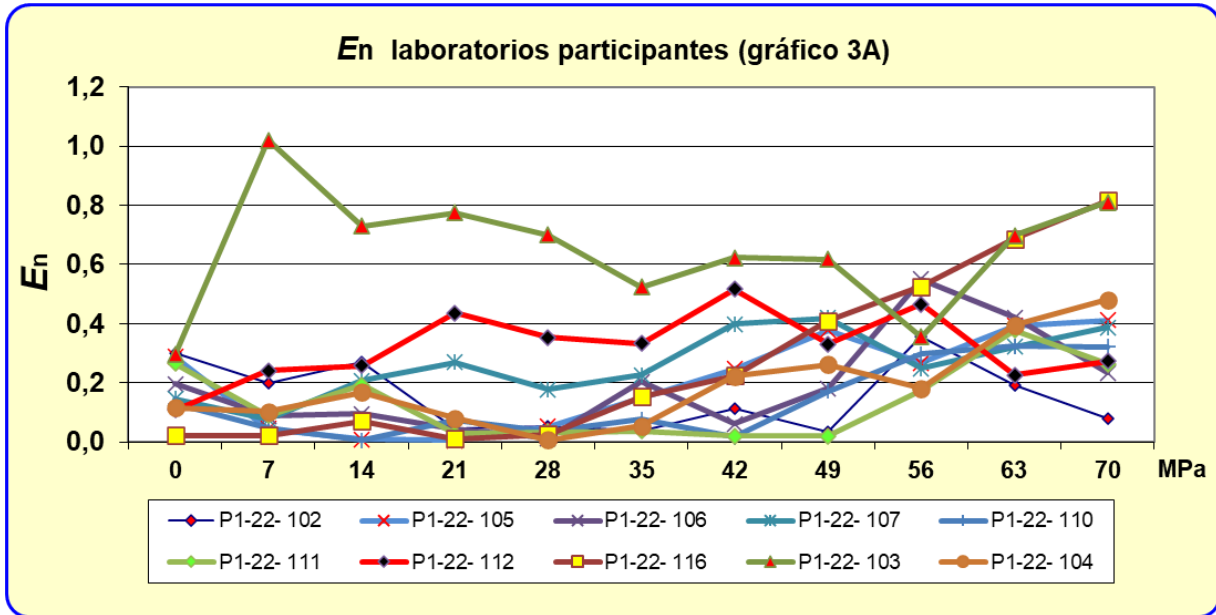


Gráfico 3A. Curvas del error normalizado, $|E_n| \leq 1.0$ **Resultado satisfactorio**

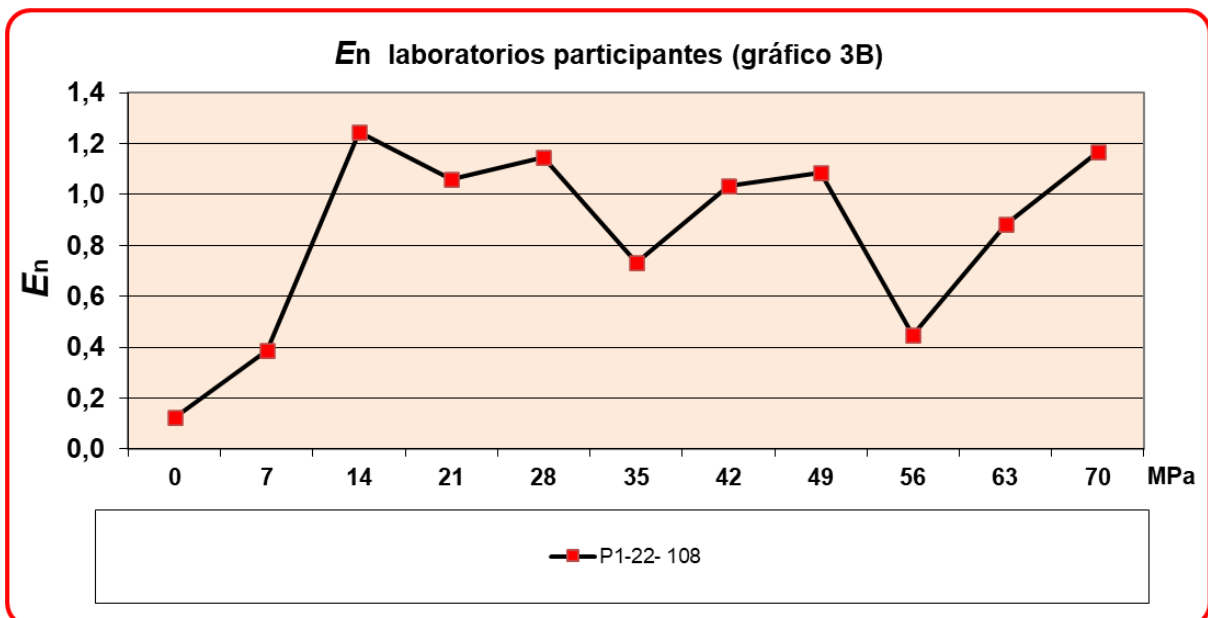


Gráfico 3B. $|E_n| > 1.0$ Resultado **NO** satisfactorio

CONCLUSIONES EA P1-22 (70 MPa)

En el **EA P1-22 (70 MPa)**, 12 participantes integrantes de la RNM de Chile ejecutaron mediciones, pero finalmente **9** laboratorios pudieron ser analizados en este informe de lo cual se obtiene:

Tabla de observaciones a los cálculos realizados por cada laboratorio

#	LABORATORIO PARTICIPANTE	Promedio	<i>Error</i>	$u_{\text{res ensayo}}$	$u_{\text{Histeresis}}$	$u_{\text{Repetibil}}$	$u_{\text{desv cero}}$	$u_{\text{estabilida d k=1}}$	$u_{\text{Patrón}}$	$u_{\text{res-patrón}}$	$u_{\text{Deriva Patrón}}$	$u_{\Delta h}$	U_{total}
1	P1-22-102	*	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	N/A	ok	*	ok
2	P1-22-103	*	*	ok	ok	ok	*	ok	*	N/A	*	*	ok
3	P1-22-104	*	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	*	ok
4	P1-22-105	*	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
5	P1-22-106	*	*	ok	ok	ok	*	*	ok	ok	*	ok	ok
6	P1-22-107	*	ok	ok	ok	ok	ok	ok	*	ok	ok	*	ok
7	P1-22-108	*	ok	ok	*	*	ok	ok	ok	N/A	ok	*	ok
8	P1-22-110	*	ok	ok	ok	ok	*	*	ok	ok	ok	ok	ok
9	P1-22-111	*	ok	ok	*	ok	ok	*	*	ok	*	ok	ok
10	P1-22-112	*	ok	ok	ok	ok	ok	ok	*	ok	*	*	ok
11	P1-22-116	*	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	*	ok

Tabla 19 Tabla de observaciones a los cálculos realizados por cada laboratorio.

- * La diferencia encontrada en los cálculos indicados puede ser por redondeo de cifras, diferencia en la fórmula aplicada para cada cálculo y/o los datos aportados, por tanto, se sugiere a los participantes revisar cada componente de incertidumbre de acuerdo a lo indicado en la guía DKD-R 6-1 (rev.3 2014).

- Resultado **SATISFACTORIO** un 77 % equivalente a 10 participantes de un total de 13.

LABORATORIO PARTICIPANTE	<i>Error Normalizado En "Satisfactorio"</i>
P1-22-102	$ E_n \leq 1.0$ su resultado es: Satisfactorio.
P1-22-103	$ E_n \leq 1.0$ su resultado es: Satisfactorio.
P1-22-104	$ E_n \leq 1.0$ su resultado es: Satisfactorio.
P1-22-105	$ E_n \leq 1.0$ su resultado es: Satisfactorio.
P1-22-106	$ E_n \leq 1.0$ su resultado es: Satisfactorio.
P1-22-107	$ E_n \leq 1.0$ su resultado es: Satisfactorio.
P1-22-110	$ E_n \leq 1.0$ su resultado es: Satisfactorio.
P1-22-111	$ E_n \leq 1.0$ su resultado es: Satisfactorio.
P1-22-112	$ E_n \leq 1.0$ su resultado es: Satisfactorio.
P1-22-116	$ E_n \leq 1.0$ su resultado es: Satisfactorio.

- Resultado **INSATISFACTORIO** un 8 % equivalente a 1 participante de un total de 13.

LABORATORIO PARTICIPANTE	<i>Error Normalizado En "Insatisfactorio"</i>
P1-22-108	$ E_n > 1.0$ su resultado es: Insatisfactorio.

- Resultado **"NO ES ANALIZADO"** un 15 % equivalente a 2 participantes de un total de 13.

LABORATORIO PARTICIPANTE	"NO ES ANALIZADO"
P1-22-109	NO se analizaron sus resultados por no cumplir el punto 11 del protocolo del ensayo de Aptitud (no informa procesamiento matemático de las lecturas obtenidas).
P1-22-113	NO se analizaron sus resultados por no cumplir el punto 11 del protocolo del ensayo de Aptitud (no informa procesamiento matemático de las lecturas obtenidas).

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la disposición de participación en esta comparación a los 10 laboratorios analizados en éste ensayo de aptitud **P1-22 (70 MPa)** y el apoyo constante de la División de Metrología del INN.

REFERENCIAS

- (1) Guide to the Expression of uncertainty in measurement JCGM 100:2008 BIPM
- (2) The International System of Units. Bureau International des poids et mesures 8^oedition, 2006.
- (3) Guía de Servicio Alemán de Calibración DKD-R 6-1 (versión 3/2014 - rev3). Calibración de medidores de presión. PTB- Braunschweig 2014.

La guía DKD-R 6-1 (versión 3/2014) es un documento técnico para la magnitud presión, elaborado por el comité técnico DKD Deutscher Kalibrierdienst (Servicio Alemán de Calibración) y está bajo la dirección del PTB Physikalisch-Technische Bundesanstalt, (Instituto Nacional de Metrología de la República Federal de Alemania), éste documento técnico permite analizar las diferentes fuentes de incertidumbre asociadas a la calibración de equipos de presión y facilita el desarrollo de los ensayos de aptitud.

- (4) Lineamientos generales y procedimiento del ensayo de Aptitud LCPN-P ENAER 2016.
- (5) GUIDE ISO/IEC 17043 Proficiency testing by interlaboratory comparisons.
- (6) Norma ISO 17025 Requisitos Generales para la competencia de Laboratorios de Calibración y Ensayo.